

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-121588

(43) 公開日 平成7年(1995)5月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 F 17/50

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7623-5L

G 0 6 F 15/ 60

3 1 0

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-218080

(22) 出願日 平成6年(1994)8月19日

(31) 優先権主張番号 特願平5-238988

(32) 優先日 平5(1993)8月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 堂野前 等

神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日

本製鐵株式会社先端技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 半田 昌男

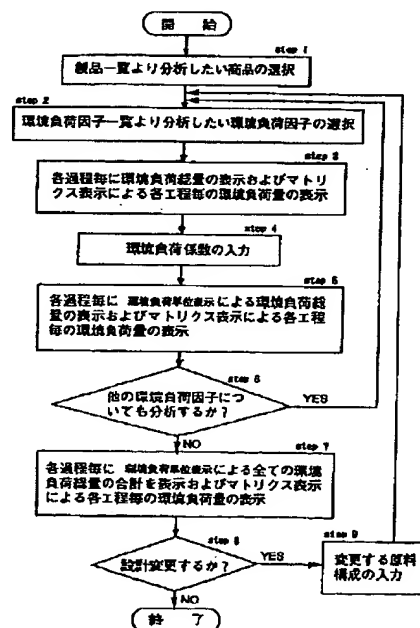
(54) 【発明の名称】 工業製品の環境負荷評価法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を求め、それに基づいて工業製品を設計することができる工業製品の環境負荷評価法を提供する。

【構成】 工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を製造過程、使用過程、廃棄過程の3つの過程それぞれの環境負荷の和として算出する。これにより新しく設計した工業製品の環境負荷も算出できる。

【効果】 工業製品の環境負荷を真に低減する製品設計システムを構築することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 工業製品のライフサイクルにわたる一種類の環境負荷因子について、原材料から製品化までの製造過程の環境負荷、その製品が市場に出て使用される使用過程の環境負荷、さらに廃棄、解体され、リサイクル材料を産出する廃棄過程の環境負荷の3つの環境負荷の和として算出することを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項2】 請求項1における製造過程の環境負荷を、産業連関表から求められる投入係数マトリクスと環境負荷原単位ベクトルから求めることを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項3】 請求項1における使用過程の環境負荷を、使用過程それ自身の環境負荷と使用過程において投入が必要な工業製品の製造過程の環境負荷に分け、前者の環境負荷は請求項2記載の環境負荷原単位とは異なる使用過程にかかる環境負荷原単位から求め、後者の環境負荷は請求項2記載の投入係数マトリクスと請求項2記載の環境負荷原単位ベクトルから求めることを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項4】 請求項1における廃棄過程の環境負荷を、廃棄過程それ自身の環境負荷と廃棄過程において投入が必要な工業製品の製造過程の環境負荷に分け、前者の環境負荷は請求項2、3記載の環境負荷原単位とは異なる廃棄過程にかかる環境負荷原単位から求め、後者の環境負荷は請求項2記載の投入係数マトリクスと請求項2記載の環境負荷原単位ベクトルから求めることを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項5】 請求項2において、工業製品の原材料構成変更という設計変更に伴う環境負荷の変化を、請求項1記載の投入係数マトリクスの成分を一行一列分増加させる形で変化させて求めることを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項6】 請求項1又は5において求めた環境負荷にそれぞれの環境負荷因子の環境負荷係数を掛け合わせ、全ての環境負荷因子についてのその合計から総合的な環境負荷を算出することを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

【請求項7】 請求項1、2、3、4又は6において、製造過程および使用過程、廃棄過程において投入が必要な製品の製造過程における環境負荷の構造を、実際の製造工程に沿ったフロー形式で表示することを特徴とする工業製品の環境負荷評価法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を求め、それに基づいて工業製品を設計するための工業製品の環境負荷評価法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 地球環境問題の元凶は産業活動であることは明白であり、人類の存亡の危機が認識されるに及んで、産業界自らがその解決に取り組み始めている。特に現在では一産業単独での努力から産業間相互の試みによって環境負荷の低減が考えられるようになってきた。すなわち工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を考えた製品設計である。設計のためには工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を定量化する必要がある。その様な定量化の手法はライフサイクル・アセスメントもしくはライフサイクル・アナリシス(LCA)と呼ばれ、欧米を中心に研究されて来ており、日本でもごく最近になって研究が始められた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、現在のところそれらの研究は、(1)各企業が自社製品について調査し、自社製品を改良するために用いられている。

(2)パッケージなど構成要素の単純な製品についてしか行われていない。という点などから汎用性が非常に低いという欠点があり、あらゆる工業製品に利用できる手法が望まれていた。また、従来法は汎用性が低い為、それぞれの分析結果を比較することは困難であり、分析結果をデータベース化し、公共的に利用することが困難であった。

【0004】 本発明は上記事情に基づいてなされたものであり、あらゆる工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を求め、さらにその工業製品の設計を変更した場合の環境負荷の変化を求めることができる工業製品の環境負荷評価法を提供することを目的とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 工業製品にかかる環境負荷の低減を考える場合、それを製造する産業だけの環境負荷だけを考慮するのでは不十分である。その工業製品の原材料を製造する産業をも考慮し、また、その工業製品の使用段階、さらに廃棄され、リサイクルされる段階まで考慮する必要がある。すなわち、その工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷の低減を考えなくてはならない。

【0006】 工業製品のライフサイクルは大きく3つの過程に分けることができる。原材料からその工業製品の製品化までの製造過程と、その工業製品が市場に出て使用される使用過程、さらにその工業製品が廃棄、解体され、リサイクル材料を産出する廃棄過程である。

【0007】 まず、工業製品のライフサイクルのうちの製造過程について述べる。現代の産業システムは非常に複雑化しており、ある最終的な工業製品に必要な原材料を一工程ずつ究極までさかのぼることは通常非常に困難である。しかし、金銭の流れについては、経済学の分野で産業連関分析という学問体系が確立されており、例えば一国の産業システムについての全ての流れが一枚の表として作表されている(産業連関表)。よって、通常金

銭の流れと逆方向にある物の流れの分析に、産業連関分析を利用することができる。産業連関分析について以下に要約する。

【0008】今、1という種類の製品しか生産しない産業1の1年間の総生産額を $x_1$ とする。 $x_1$ の産出先は各産業（原料として）および市場（最終製品として）\*

\*であり、産出額はそれぞれ $x_{11}, \dots, x_{1n}$ 、および $f_1$ であるとする。逆に、産業1では、 $x_1$ 産出するのに原料（部品や燃料など）を各産業から $x_{11}, \dots, x_{n1}$ だけ投入される事を必要とする。投入係数マトリクスAを

【数1】

$$A = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & a_{11} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & x_{11}/x_1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \quad (1)$$

で定義し、

10※とあらわすと、

【数2】

$$X = \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \\ x_1 \\ \cdot \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \\ f_1 \\ \cdot \end{pmatrix} \quad \times$$

$$X = AX + F \quad (2)$$

が成立する事から

$$X = BF \quad (3)$$

ここで  $B = (I - A)^{-1}$  (Leontiefの逆行列)

と表すことができる。Aがあらかじめ解っていれば、あるFの生産に直接間接に必要な製品投入額の合計 $x_1, \dots, x_n$ が求められる。

【0009】物の流れは通常金銭の流れと逆方向にあるので、金銭の流れを物流に変換することで、ある工業製品の生産に必要な原材料を究極までさかのぼることができる。本発明の特徴の一つは、製造過程における複雑な産業連関構造が産業連関表によって既知となることにある。以下では、特に断らない限り、物流表示で本発明の説明を行う。

【0010】さて、それらの物流に付随した環境負荷を考える場合には、各製造工程（各産業単身）での環境負★30

$$W_k X \quad (4)$$

で求められる。

☆【外1】

【0011】

☆

また、環境負荷原単位マトリクス $\hat{W}_k$ 、商品iの生産にかかるユニットマトリクス $\hat{B}_i$ を、

$$\hat{W}_k = \begin{pmatrix} W_{1k} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & W_{nk} \end{pmatrix} \quad \hat{B}_i = \begin{pmatrix} B_{1i} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & B_{ni} \end{pmatrix} \quad (5)$$

で定義する。そのとき尾崎によれば（参考文献：三田学会誌、73巻5号66ページ）、

【数3】

$$A \hat{B}_i f_i$$

$$\hat{W}_k A \hat{B}_i f_i$$

は商品iの $f_i$ の生産に伴う環境負荷を各産業間の取引毎に分割して表示しており、ある環境負荷因子kについての環境負荷の構造を表している。

◆は商品iの $f_i$ の生産に必要な製品投入の合計Xを各産業間の取引毎に分割して表示している。よって

【数4】

$$(6)$$

【0012】次に、工業製品のライフサイクルのうちの使用過程について述べる。使用過程は更に二つの過程に分けられる。一つはその工業製品が使用される過程その

ものにかかる環境負荷である。もう一つはその使用過程において投入する必要のある工業製品を製造する過程での環境負荷である。前者は、使用過程にかかる環境負荷\*

$$W_{ik}' f_i$$

から求められる。後者は、使用過程において投入が必要な工業製品の総量を $F'$ として、その生産に必要な原材※

$$W_k X'$$

より求めることができる。環境負荷の構造も(6)式と同様に表現することができる。

【0013】次に、工業製品のライフサイクルのうちの10 廃棄過程について述べる。廃棄過程についても同様に二つの過程に分ける。一つはその工業製品が廃棄される過★

$$W_{ik}'' f_i$$

から求められる。後者は、廃棄過程において投入が必要な工業製品の総量を $F''$ として、その生産に必要な原材★

$$W_k X''$$

より求めることができる。環境負荷の構造も(6)式と同様に表現することができる。

【0014】最終的に、工業製品のライフサイクルにわ◆

$$L_k = W_k (X + X' + X'') + W_{ik}' f_i + W_{ik}'' f_i \quad (11)$$

で求められる。

【0015】さて、ある現実の商品jの環境負荷を分析するとする。その商品jの原材料投入構成は、商品jが属する商品分類1について産業連関表に記載されている原材料構成と同一ではない場合がある。また、環境負荷の分析結果を加味し、原材料構成を変えた効果を考えた場合もある。このような場合には、n+1番目の産業部門としてjを産業連関表に加える。よって、投入係数マトリクスAを $n \times n$ 行列から $(n+1) \times (n+1)$ 行列に変換し、 $a_{11}, \dots, a_{1n}$ を $a_{11}, \dots, a_{1n}$ から少し変化させたものに設定し、 $a_{11}, \dots, a_{1n}, a_{j1}, \dots, a_{jn}$ をすべて0と置く。その時 $f_j$ の商品jについて上記と同様の手続きによって環境負荷を求めることができ\*

$$\sum_k G_k L_k$$

より総合的に評価した環境負荷を求めることができる。

【0017】以上のプロセスによって、製品1のライフサイクルにわたる環境負荷を分析することが出来た。さらにその分析をもとに、製品1の原料(部品や燃料など)を変更したり、製造プロセスを変更して、環境負荷を改善することになる。そのためには製造過程のどの段階で、どれだけの負荷があるのかという負荷の構造を知る必要がある。式(6)は負荷の構造を合計値で示して※

$$W_{ik} f_i$$

で表される。製造過程トータルでの環境負荷のうち残りは、製品1の原料(部品や燃料など)が製造されるまで★

$$a_{ji} f_i \quad (j=1, \dots, n)$$

だけ必要なので、製品1の原料としての商品1、...、nの製造段階、すなわち各産業j(j=1、...、n)内で

$$W_{jk} a_{ji} f_i \quad (j=1, \dots, n)$$

\*を製品1の物流量 $f_i$ で除した環境負荷原単位 $W_{ik}'$ を用いて、

$$(7)$$

※料の総量 $X'$ を(3)式から求め、

$$(8)$$

★程そのものにかかる環境負荷である。もう一つはその廃棄過程において投入する必要のある工業製品を製造する過程での環境負荷である。前者は、廃棄過程にかかる環境負荷を製品1の物流量 $f_i$ で除した環境負荷原単位 $W_{ik}''$ を用いて、

$$(9)$$

☆料の総量 $X''$ を(3)式から求め、

$$(10)$$

◆たる環境負荷因子kの環境負荷 $L_k$ は、(4)、(7)～(10)式の和として、

$$(11)$$

\*る。

【0016】上記の手続きは、ある一種類の環境負荷因子kについて環境負荷を評価する方法であった。m個の環境負荷因子k(k=1, ..., m)について環境負荷を評価する場合には、まず、上記のようにして、各環境負荷因子kについて環境負荷 $L_k$ を求める。そして、各環境負荷因子kの重み付けを決めた環境負荷係数を $G_k$ とすれば、m個の環境負荷因子k(k=1, ..., m)を考えるとき、 $G_1 L_1, \dots, G_m L_m$ は一つの環境負荷単位で示されている。よって、それらの数値は直接比較が可能である。そのとき

【数5】

$$(12)$$

※おり、同じ産業間の取引が複数回存在する場合にはどの段階のものが分からないという点で不十分である。負荷の構造を製品の製造フローに沿った形で明示することが望ましい。

【0018】例えばある商品1を $f_1$ 生産する製造過程において、各工程で及ぼされる環境負荷因子kの大きさは以下のように計算できる。まず商品1を $f_1$ 生産する最終組立段階での環境負荷は

$$(1')$$

★の過程で及ぼされる。今、 $f_1$ の商品1の原料として商品1、...、nは

$$(2')$$

の環境負荷は

$$(3')$$

となり、(2')の製品jを製造するのに必要な全ての原料(部品や燃料など)を含めた製造過程トータルでの\*

$$\sum_{i=1}^n W_{ik} B_{ij} a_{ji} f_i \quad (j=1, \dots, n) \quad (4')$$

となる。

【0019】同様に一般式として商品iの原料jの・・・※

$$W_{pk} a_{pi} \dots a_{ji} f_i \quad (5')$$

で表され、そのpを製造するまでに必要な全ての原料を含めた製造過程トータルでの環境負荷は

$$\sum_{q=1}^n W_{qk} B_{qp} a_{pi} \dots a_{ji} f_i \quad (6')$$

で表される。

【0020】また各環境負荷因子の重み付けを決めた環境負荷係数 $G_k$ を用いて、単一の環境負荷単位で評価する☆

$$\sum_{k=1}^m G_k W_{pk} a_{pi} \dots a_{ji} f_i \quad (7')$$

式(6')の代わりに

$$\sum_{k=1}^m G_k \sum_{q=1}^n W_{qk} B_{qp} a_{pi} \dots a_{ji} f_i \quad (8')$$

を用いれば良い。

【0021】

【作用】これまで工業製品の製品設計において、そのライフサイクル全てを取り入れた環境負荷が考慮されて来なかった。それはそのような工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を求める汎用的な手法(枠組み)が存在しなかった為に、そのような汎用的な設計システムがなかったからである。本手法はまず公的な機関によって調査された結果に基づく投入産出表を産業システム全体に対する一つの枠組みとして扱い、その枠組みの中で環境負荷を考える為、その中の全ての商品の環境負荷量の比較が可能である。よって、全てのデータをデータベース化し、産業間相互に、また第三者もその結果を利用できるシステムを構築することができる。

【0022】上記のようなシステムにおいては、ある商品のライフサイクルにわたる様々な環境負荷が産業システムの中のどこにどれだけあるのかを表示することができ、これらは製品設計に必要な知見となる。本発明ではそれをマトリクス表示することができる。

【0023】また、現実の商品に対して精度を上げた環境負荷量を求め、さらにその環境負荷低減のための原材料構成の変更などの手段が、ライフサイクルまで考えて環境負荷を本当に低減できるのかをシミュレートでき、製品設計にその知見を生かすことができる。また、フロー形式で表示することもできる。

【0024】

【実施例】以下に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1、図3は本発明の実施例である工業製品の環境負荷評価法に基づく製品設計ソフトのフローチャートの例である。図1はマトリクス形式、図3はフロー形式によって環境負荷構造を表示している。

\*環境負荷は(3)、(4)式から  
【数6】

※・の原料1の原料pの製造段階での産業p内での環境負荷は

★【数7】

☆することもできる。そのとき、式(5')の代わりに  
【数8】

◆ ◆ 【数9】

20 【0025】その製品設計ソフトを用いて製品を設計する場合には、図1に示すように、まず、製品一覧にn個(たとえばn=529)の製品名が表示されるので、分析したい商品を選択する(step 1)。次に、環境負荷因子一覧にm個(たとえばmは20ぐらい)の環境負荷因子名が表示されるので、分析したい環境負荷因子を選択する(step 2)。(4)式によって環境負荷の総量、

(6)式によってマトリクス形式もしくはフロー形式での環境負荷量が計算され、表示される(step 3)。さらに、環境負荷係数 $G_k$ (これは今のところ既知量でなく分析者の主観の入る余地がある。)を入力し(step 4)、この環境負荷係数 $G_k$ を(4)、(6)式に掛けて環境負荷単位で表示する(step 5)。次にstep 6に移行し、ひとつの商品に関し、他の環境負荷因子についても分析する場合には、step 2に移行して環境負荷因子一覧より分析したい環境負荷因子を選択し、同様の計算が行われる。このようにして計算された各環境負荷因子についての計算結果はメモリに記憶される。そして、各環境負荷因子についての計算結果を合計し、その合計を表示して(step 7)、その製品の設計変更点を明らかにする。次にstep 8の処理に移行し、設計を変更する場合には、変更する原材料構成を入力し(step 9)、step 2に移行して新しく設計した製品に関して同様に計算する。そして、計算結果の分析を行って、その設計の良否を判定する。

40 【0026】図2は100万円の輸送機械(製品)一台当たりについて、その製造過程におけるCO<sub>2</sub>排出量(環境負荷因子)の合計と主要産業からの排出構造を求めた結果をマトリクス形式で表示した図である。100万円の輸送機械一台を製造するのに合計で731kgのCO<sub>2</sub>を排出するが、そのうち輸送機械産業が直接排出す

るのは113kgである。排出量が多い産業を見てみると、輸送機械生産に必要な鉄鋼材料を生産する鉄鋼産業から計161kg、各材料を輸送する運輸産業から119kgとなっている。図2に示されたCO<sub>2</sub>排出量の結果を分析すると、CO<sub>2</sub>排出量の低減の指針としては、鉄鋼に代わるCO<sub>2</sub>排出の少ない材料の採用、輸送システムの改善が挙げられる。

【0027】図4は100万円の輸送機械（製品）一台当たりについて、その製造過程におけるCO<sub>2</sub>排出量の合計とその排出構造を求めた結果をフロー形式で示す図表である。100万円の輸送機械一台を製造するのに合計で731kgのCO<sub>2</sub>を排出するが、5kg以上排出する工程のみ表示するようにしている。輸送機械産業が最終製造工程で排出するのは72kgである。排出量が多いのは、輸送機械の最終生産工程に直接必要な鉄鋼材料、輸送機械、化学製品を生産する各産業からそれぞれ45、26、17kg、さらにそれら各原料の原料として、鉄鋼材料の原料の鉄鋼材料、輸送機械の原料の鉄鋼材料を製造する各産業からそれぞれ24、16kgの排出量となっている。各工程でのプロセス改善、原料の変更が課題として抽出できた。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、工業製品のライフサイクルにわたる環境負荷を考慮しているので、汎用性が高く、したがって分析結果をデータベース化して、環境負荷を真に低減するための商品設計システムの構築が可能な工業製品の環境負荷評価法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

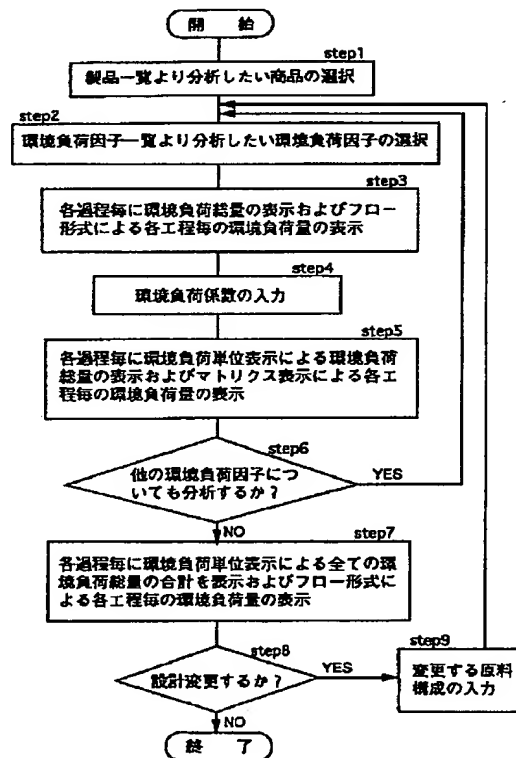
【図1】本発明の一実施例である工業製品の環境負荷評価法に基づく製品設計ソフトのフローチャートである（マトリクス形式表示）。

【図2】100万円の輸送機械（製品）一台当たりについて、その製造過程におけるCO<sub>2</sub>排出量の合計とその排出構造を求めた結果をマトリクス形式で示す図表である。

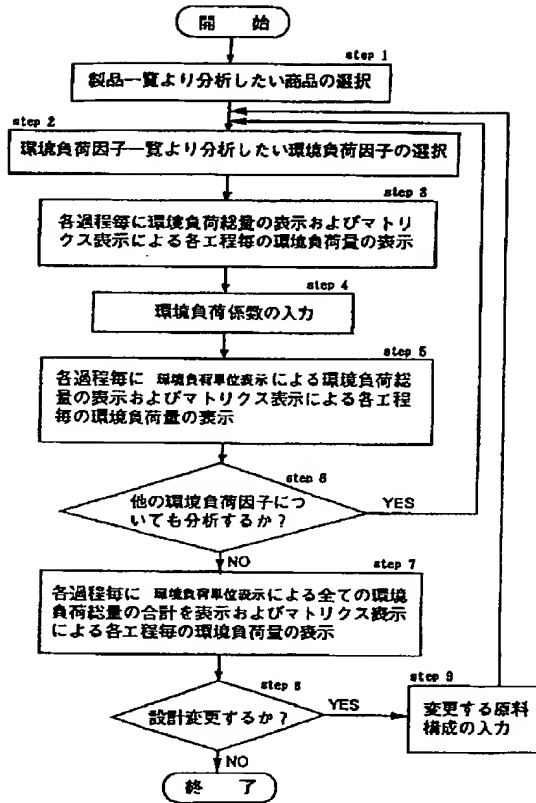
【図3】本発明の一実施例である工業製品の環境負荷評価法に基づく製品設計ソフトのフローチャートである（フロー形式表示）。

【図4】100万円の輸送機械（製品）一台当たりについて、その製造過程におけるCO<sub>2</sub>排出量の合計とその排出構造を求めた結果をフロー形式で示す図表である。

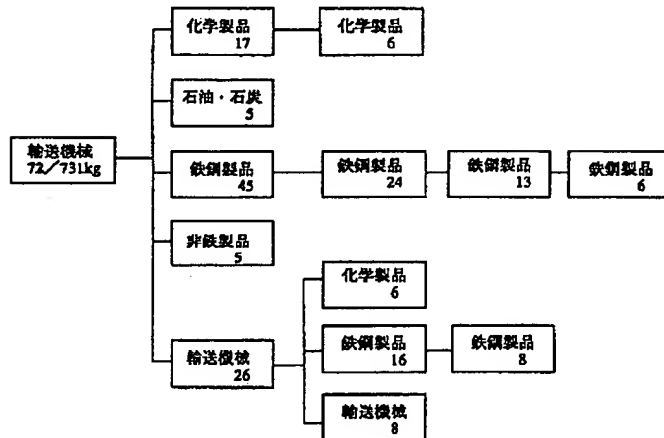
【図3】



【図1】



【図4】



【図2】

製造業生産1台当たりのCO<sub>2</sub>排出(%)

	パルプ・紙・木製品	化学製品	石油・石炭製品	窯業・土石製品	鉄鋼	非鉄金属	輸送機械	電力・ガス・熱	商業	運輸	サービス	分類不明	total
パルプ・紙・木製品	3						1		4				8
化学製品	1	27		1	2	1	27					1	60
石油・石炭製品	1	6	3	1	12	1	8	6	1	10	1	1	51
窯業・土石製品	1			2	1		9						13
鉄鋼	2				89		70						161
非鉄金属						4	8						12
輸送機械							113						113
電力・ガス・熱供給	1	5	1	1	14	4	35		2	2	2	1	68
商業							6						6
運輸	2	4	2	2	15	4	56	2	14	14	3	1	119
サービス							4		1		1		6
分類不明		1			2		8						12
												上記 total	629
												その他	102
												合計	731